



„Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”

Segment 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Liderzy merytoryczni:

- Prof. dr hab. inż. Jan Cwajna (Politechnika Śląska),
- Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski (Politechnika Warszawska).

Partnerzy:

- Politechnika Rzeszowska,
- Politechnika Śląska,
- Politechnika Warszawska.

Główny partner przemysłowy: WSK "PZL Rzeszów" S.A.

W celu zwiększenia konkurencyjności na rynku światowym krajowego odlewnictwa precyzyjnego elementów dla przemysłu lotniczego konieczne jest:

- udoskonalenie metod projektowania technologii precyzyjnego odlewania dowolnych części z różnych nadstopów,
- istotne obniżenie kosztów bezpośrednich i pośrednich wytwarzania odlewów precyzyjnych, w wyniku udoskonalenia wszystkich elementów procesu technologicznego oraz metod jego sterowania i kontroli.



Planowane w projekcie badania będą miały w większości charakter oryginalny. Wykorzystane zostaną najnowsze osiągnięcia w zakresie modelowania, projektowania i wykonywania precyzyjnych odlewów krytycznych części silników lotniczych oraz ich badań materiałoznawczych.

Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Główne cele metodyczne i poznawcze projektu:

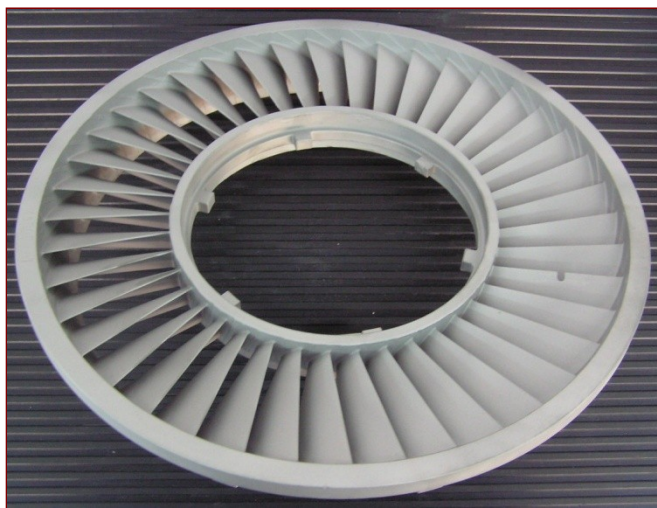
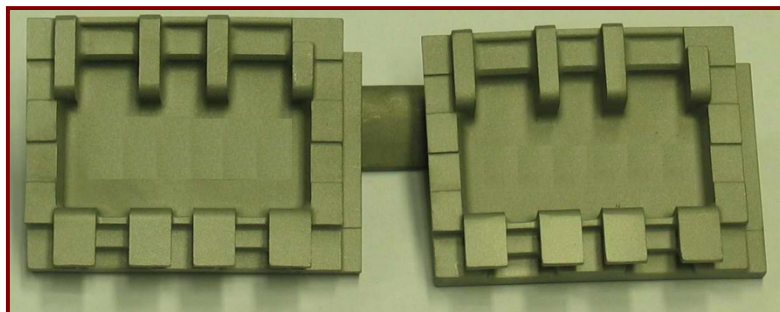
1. Opracowanie metodologii prognozowania właściwości cieplno-mechanicznych form odlewniczych do odlewania precyzyjnego krytycznych części silników lotniczych z wykorzystaniem wspomaganie komputerowego.
2. Opracowanie bazy danych o właściwościach stopów wsadowych, wosków modelarskich oraz materiałów form ceramicznych do symulacji numerycznej procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu.
3. Opracowanie wytycznych do technologii wytwarzania form odlewniczych do odlewania precyzyjnego elementów turbin lotniczych z wykorzystaniem spoiw wodnorozpuszczalnych i kompozytowych mieszanek ceramicznych na bazie Al_2O_3 - ZrO_2 - Y_2O_3 .
4. Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość ciekłego metalu, woskowych modeli i zestawów modelowych, form ceramicznych oraz odlewów precyzyjnych części silników lotniczych.
5. Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu.
6. Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu.
7. Opracowanie warunków recyklingu i zagospodarowania wosków modelowych i zużytych form ceramicznych.

Celem aplikacyjnym projektu jest zaproponowanie metod istotnego obniżenia kosztów bezpośrednich i pośrednich wytwarzania odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych o wysokiej jakości, wymaganej przez czołowych światowych producentów silników lotniczych

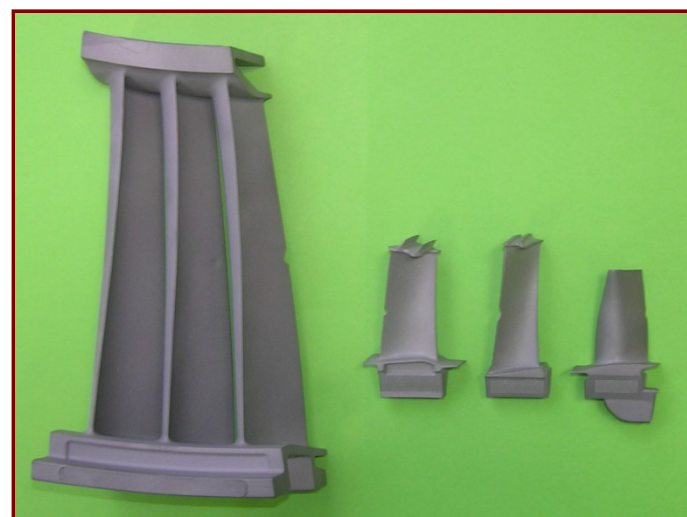
Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Przykłady zastosowań planowanych wyników projektu w lotnictwie

Segmenty osłonowych barier ciepłych strefy spalania z nadstopu kobaltu



Łopalki turbiny niskiego ciśnienia i segmenty łopatkowe z nadstopów niklu



Aparaty kierujące z nadstopów niklu

12.1. Opracowanie bazy danych materiałowych do symulacji numerycznej procesu zalewania, krzepnięcia i krystalizacji odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|---|-----------------------------------|----------------------|
| 1.1 | Wykonanie analizy DTA i badań kalorymetrycznych procesów krystalizacji i krzepnięcia nadstopów niklu stosowanych w przemyśle krajowym oraz wyznaczenie właściwości cieplnych wielowarstwowych form ceramicznych | Od 1 do 48 | PŚI |
| 1.2 | Opracowanie bazy danych materiałowych dla wosków modelarskich i form ceramicznych w kontekście wytworzenia modelowych, wirtualnych form odlewniczych | Od 1 do 48 | PW |
| 1.3 | Wykonanie symulacji komputerowych procesu zalewania, krystalizacji i krzepnięcia wybranych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu oraz weryfikacja wyników badań symulacyjnych w badaniach doświadczalnych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PRz |

12.2: Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość ciekłego metalu

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|--|-----------------------------------|----------------------|
| 2.1 | Analiza zjawisk zachodzących na granicy tygiel-ciekły metal w procesie przetapiania stopów wsadowych | Od 1 do 36 | PW |
| 2.2 | Analiza wpływu materiału tygla oraz parametrów przetapiania stopów wsadowych na jakość doświadczalnych odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych | Od 1 do 36 | PRz, |

z nadstopów niklu

12.3: Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość modeli i zestawów modelowych

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|---|-----------------------------------|----------------------|
| 3.1 | Ocena wybranych wosków modelarskich pod kątem kształtowania jakości modeli i zestawów modelowych oraz możliwości ich recyklingu | Od 1 do 24 | PW |
| 3.2 | Ustalenie wpływu parametrów wytwarzania modeli i zestawów modelowych na ich jakość, determinowaną wymaganą dokładnością wykonania ceramicznych form odlewniczych przeznaczonych do precyzyjnego odlewania części lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 36 | PRz |

12.4: Ocena wpływu czynników materiałowych i technologicznych na jakość form ceramicznych

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|--|-----------------------------------|----------------------|
| 4.1 | Badanie wpływu składu chemicznego, mineralogicznego i granulometrycznego proszków ceramicznych, wypełniaczy i posypek oraz wybranych czynników technologicznych na właściwości wielowarstwowych form ceramicznych do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników | Od 1 do 48 | PW |
| 4.2 | lotniczych z nadstopów niklu Opracowanie metodyki i wykonanie badań właściwości reologicznych i technologicznych mieszanek stosowanych do wytwarzania wielowarstwowych form ceramicznych do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 25 do 48 | PW |
| 4.3 | Opracowanie procedur procesowych wytwarzania formy odlewniczej na bazie tlenkowych faz ceramicznych, przeznaczonej do precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 13 do 60 | PW |

Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

12.5: Optymalizacja parametrów procesu precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu w zależności od masy i kształtu odlewów oraz właściwości stopów

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|--|-----------------------------------|----------------------|
| 5.1 | Analiza zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących w procesie zalewania form i krzepnięcia odlewów krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PRz |
| 5.2 | Optymalizacja parametrów precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PRz |

12.6: Analiza przyczyn powstawania wad w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|---|-----------------------------------|----------------------|
| 6.1 | Analiza przyczyn powstawania wad ujawnianych metodami nieniszczącymi w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PŚI |
| 6.2 | Analiza przyczyn występowania wad makro- i mikrostruktury w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PŚI |
| 6.5 | Analiza czynników wpływających na rozkład i poziom naprężeń oraz powstawanie pęknięć w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PW |
| 6.6 | Klasyfikacja wad odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu - opracowanie atlasu wad | Od 1 do 60 | PŚI |

Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

12.7: Udoskonalenie elementów systemu zapewnienia jakości procesów wytwarzania oraz odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu

| L.p. zadania | Nazwa podzadania badawczego | Planowany czas trwania (miesiące) | Wykonawcy podzadania |
|--------------|---|-----------------------------------|----------------------|
| 7.1 | Opracowanie procedur oceny czystości metalurgicznej stopów wsadowych i odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 24 | PŚI |
| 7.2 | Opracowanie procedury kompleksowej procedury ilościowej oceny porowatości w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 36 | PŚI |
| 7.3 | Opracowanie kompleksowych procedur oceny kształtu i wielkości ziaren pierwotnych w odlewach precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 48 | PŚI |
| 7.4 | Opracowanie kompleksowych procedur jakościowej i ilościowej oceny mikrostruktury odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu | Od 1 do 60 | PŚI |
| 7.5. | Opracowanie procedur jakościowej i ilościowej oceny substruktury odlewów precyzyjnych krytycznych części silników lotniczych z nadstopów niklu z zastosowaniem metod mikroskopii elektronowej transmisyjnej | Od 12 do 60 | PŚI |

Podstawowy zespół wykonawców

Katedra Nauki o Materiałach Politechniki Śląskiej

Prof. dr hab. inż. Jan Cwajna,
Prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk
Dr hab. inż. Janusz Szala prof nzw. w Pol. Śl.,
Dr hab. inż. Janusz Richter,
Dr hab. inż. Maria Sozańska,
Dr inż. Janusz Adamiec,
Dr inż. Kinga Rodak,
Dr inż. Stanisław Roskosz,
Dr inż. Agnieszka Szczotok,

Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Jan Kurzydłowski,
Dr hab. inż. Halina Garbacz,
Dr inż. Krzysztof Roźniatowski,
Dr inż. Grzegorz Krzesiński,
Mgr inż. Julia Ferenc,
Mgr inż. Romuald Dobosz,
Prof. dr hab. inż. Mikołaj Szafran, Wydział Chemii PW;
Dr hab. inż. Wojciech Fabianowski, Wydział Chemii PW;
Dr inż. Hubert Matysiak, UCB PW;
Dr inż. Jakub Michalski MEGroup;

Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Podstawowy zespół wykonawców

Politechnika Rzeszowska i WSK „PZL Rzeszów” S.A.

Prof. dr hab.inż. Jan Sieniawski,
Prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Kubiak,
Dr inż. Andrzej Nowotnik
Dr inż. Małgorzata Wierzbińska

Współpraca z innymi jednostkami:

- Katedra Technologii Metali i Kompozytów Politechniki Śląskiej –
Prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk,
- Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej AGH w Krakowie –
Prof. dr hab. inż. Aleksandra Czyrska-Filemonowicz,
- Instytutem Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego –
Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Łągiewka,
- Wydziałem Odlewnictwa AGH w Krakowie - *Prof. dr hab. inż. Edward Guzik.*
- Instytutem Odlewnictwa w Krakowie - *Dr. hab. Natalia Sobczak.*
- Wydziałem Ceramiki i Inżynierii Materiałowej AGH - *Prof. dr hab. inż. Mariusz Holtzer*

Zadanie 12: Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

Leader merytoryczny:

Prof. dr hab. inż. Jan Cwajna

Adres: ul.Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

Tel.: +48 32 603 4423

E-mail: jan.cwajna@polsl.pl